

ÍNDICE

1.– Introducción	2
2.– Constitución y estructura	3
3.– Conductividad	3
3.1.–Dopaje	4
4.– Síntesis de polímeros conductores	6
5.– Fotoquímica de polímeros conductores	6
6.– Aplicaciones	8
6.1.– Baterías	8
6.2.– Aplicaciones biomédicas	8
6.2.1.– Músculos artificiales	9
6.2.2.– Nervios artificiales	10
6.3.– Sensores	11
6.4.– Aplicaciones debidas al electrocromismo	11
6.4.1.– Ventanas inteligentes	12
6.4.2.– Espejos inteligentes	12
6.4.3.– Filtros ópticos	12
6.4.4.– Detección de fraudes	12
6.4.5.– Pantallas planas y dispositivos de visualización	13
6.5.– Escudos electromagnéticos	13
6.6.– Recubrimientos anti-corrosión	13
6.7.– Membranas para depuración de aguas	13
6.8.– Aplicaciones analíticas	14
7.– Conclusiones	14

1.- INTRODUCCIÓN: HISTORIA Y DESARROLLO

Hoy en día sabemos que un polímero es un conjunto químico, natural o sintético, que consiste esencialmente en unidades estructurales idénticas repetidas (del griego *poli-* que significa varios y *-meros* que significa unidad). Pero ya hace unos setenta y cinco años los químicos trabajaban intensamente en la Química de Polímeros. Hasta la producción del poliestireno completamente sintético la producción se basaba en modificaciones de polímeros naturales, como viscosa-rayón o acetato de celulosa. No fue hasta 1935 (con la llegada del nylon-66) cuando la Química de polímeros empezó a cambiar el mundo hasta el punto en que lo hecho; a pesar de que algunas tribus indígenas ya usaban la resina del caucho desde tiempos inmemoriales como algo similar a un zapato, se untaban los pies con esta resina y al polimerizarse obtenían una preciosa protección para la planta del pie.

Los polímeros se caracterizan en general por ser materiales *aislantes*, pero desde hace unos treinta años se ha logrado sintetizar polímeros que son buenos *conductores* de la electricidad, tan buenos que se han denominado metales sintéticos. Los polímeros conductores reúnen las propiedades eléctricas de los metales y las ventajas de los plásticos que tanta expectación despertaron en los años cuarenta. Una vez demostrada la posibilidad de conducir la electricidad de los polímeros la idea se difundió rápidamente.

La conductividad se debe principalmente a la adición de ciertas cantidades de otros productos químicos (dopado), pero también a la presencia de dobles enlaces conjugados que permiten el paso de un flujo de electrones.

En 1977 se sintetizó el primer plástico conductor. En 1981 se fabricó la primera batería con electrodos de plástico conductor. Posteriormente se ha conseguido igualar la conductividad de los polímeros a la del cobre y fabricar la primera batería recargable de plásticos.

El descubrimiento de los polímeros conductores sucedió por accidente al intentar sintetizar poliacetileno, un polvo de color oscuro, y en vez de eso se obtuvo una película brillante y plateada similar al papel aluminio. Al repasar los cálculos se dieron cuenta de que la cantidad de catalizador usada era 1000 veces la necesaria. El material fue estudiado, en uno de los estudios se le dopó con yodo y se observó que la conductividad aumentaba más de mil millones de veces.

Desde entonces se ha comprobado que más de cien polímeros y derivados son capaces de conducir la corriente eléctrica, algunos incluso sin ser dopados.

2.-CONSTITUCIÓN Y ESTRUCTURA

Los polímeros utilizados como conductores están constituido principalmente por átomos de carbono e hidrógeno, dispuestos en unidades monoméricas repetidas, como cualquier otro polímero. Además en general estas unidades suelen llevar algún heteroátomo como nitrógeno o azufre.

Los átomos de C están unidos entre sí por una serie alternativa de enlaces dobles y simples ($=C-C=C-C=C-$), es decir presentan hiperconjugación de enlaces, esta es una característica general de todos los polímeros conductores.

Los polímeros presentan algunas semejanzas estructurales mientras que sus propiedades pueden ser muy diferentes, estas varían con el tipo de monómero y el método de síntesis.

Los compuestos que más atención ha recibido por sus especiales características son: poliparafenilo, politiofeno, polipirrol y la polianilina. Entre ellos destaca el poliacetileno que presenta la mayor conductividad, una cuarta parte del cobre a igualdad de volumen y el doble que la de éste a igualdad de peso

3.- CONDUCTIVIDAD

La conducción de la electricidad se debe al movimiento de electrones (e^-), es necesario que los e^- se muevan libremente por el material.

En los sólidos conductores los e^- se mueven por estados discretos de energía denominados bandas (procedente de la extensión de la Teoría de Orbitales Moleculares a toda la red sólida-cristalina). Sólo son capaces de conducir la electricidad aquellos sólidos cuya última banda esté semillena (buen conductor o conductor metálico) o estando vacía se encuentre energéticamente cerca de la última llena (semiconductor). Si el salto bandallena!bandavacía es energéticamente grande es un aislante.

La conducción es similar a una carrera de relevos. Los e^- corren por las bandas de energía, pero para poder pasar a otra banda es necesario que haya un corredor que esté esperando en la pista.

3.1.- Dopaje

El dopaje consiste en contaminación atómica con átomos diferentes de los de la estructura original alterando así el perfil energético de las bandas captando (conductividad tipo p) o cediendo e^- (conductividad tipo n). Una vez dopado el polímero y convertido en polímero conductor se produce un cambio en las posiciones de los átomos debido a la introducción de carga.

Este cambio favorece la formación de islas de carga (tanto positiva como negativa) llamadas solitones (ondas aisladas que se propagan sin disipar energía sobre regiones cada vez más grandes del espacio; exhiben propiedades de partícula porque en cada instante su energía se encuentra confinada en una región del espacio limitada y finita), polarones (objetos que resultan cuando un e^- de la banda de conducción deforma la red cristalina de un aislante o un semiconductor, es el mismo efecto que produciría un hueco en la banda de valencia) y bipolarones. Estas islas crean nuevas bandas de energía entre la banda de conducción y la banda de valencia, que son en último término los responsables de la conducción en los polímeros. Las moléculas contaminantes no reemplazan átomos del polímero, sino que actúan como meros dadores/aceptores de carga, esta carga se reparte por el resto de la cadena carbonada.

Las bandas de energía singulares que existen en los polímeros conductores no existen en los semiconductores clásicos. Estas bandas desempeñan cierto papel en el mecanismo de conducción de los modernos semiconductores a altas temperaturas.

En realidad este tipo de polímeros no necesita agentes dopantes, ya que son capaces de transmitir la carga por sí solos de un extremo a otro de la cadena carbonada. Pero esta cadena no es infinita, un polímero no tiene la estructura tan ordenada como un cristal, con lo que necesita de estos agentes para poder transmitir los e^- de cadena en cadena.

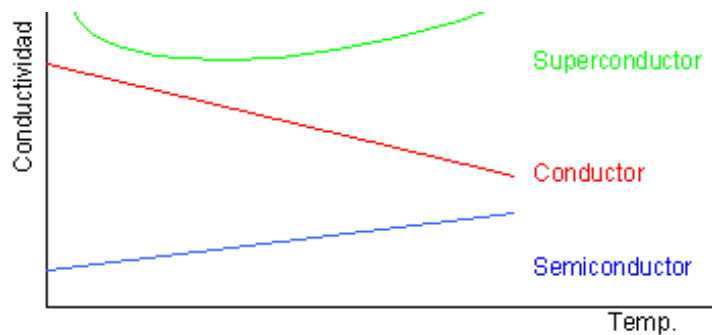
Aunque el proceso por el que se transmite la carga todavía no está demasiado bien demostrado sí se han obtenido algunas pistas sobre cómo lo hace el poliacetileno dopado a niveles medios. Esto es, la carga se transmite a lo largo de la cadena carbonada hasta que se encuentra con el final de esta, es entonces cuando actúan los solitones líquidos que se encargan de empapar los extremos de las cadenas de polímeros.

Los polímeros conductores poseen una amplia gama de conductividades cuya razón no se ha podido demostrar, si bien se conocen bastante bien factores que afectan a la conductividad:

- porcentaje de contaminación,
- concentración de las cadenas de material,
- asimetría del polímero,
- dirección en debe conducirse, etc.

Por ejemplo en el poliacetileno dopado la conductividad aumenta más de mil veces a lo largo de la cadena que en la dirección perpendicular a ellas. El hecho de que las cadena estén paralelamente alineadas también es un factor que hace que aumente la conductividad. Esta alineación se realiza antes de dopar el polímero estirando las delgadas películas con el fin de estirar las fibras.

La pureza también es otro factor determinante en cuanto a conductividad se refiere, ya que las impurezas (que no dopantes) pueden entorpecer el movimiento de los e^- llegando incluso a cortar el paso a través de las cadenas.



A pesar de que el hecho de necesitar doparse se podría pensar que se trata de materiales semiconductores, no es así. En cuanto a conductividad se refiere los polímeros se mueven en un rango similar al de los metales, como ya hemos citado antes. Respecto a la variación de esta respecto a la temperatura en lo que a semiconductores se refiere la conductividad aumenta con la temperatura, mientras que en los polímeros disminuye al aumenta ésta, debido a la descomposición del dopado.

4.- SÍNTESIS DE POLÍMEROS CONDUCTORES

Hoy en día se sintetizan y dopan tanto por medio químicos como por medios electroquímicos. Siguiendo con el ejemplo del poliacetileno, su síntesis consiste en hacer pasar acetileno ($HC\equiv CH$) por un recipiente de vidrio cuyas paredes están recubiertas del catalizador, en cinco minutos se forma una película del grosor de una hoja de papel que se despegas de las paredes del recipiente y se lava con agua. Si la película se hace pasar a través de una disolución de iodo quedará dopado de forma *p*, pero si se hace pasar por sodio metálico en mercurio tendremos contaminación tipo *n*.

Empleando técnicas electroquímicas la síntesis y el dopado se producen simultáneamente. Se introducen dos electrodos metálicos en una disolución que contenga el dopante y el monómero que más tarde constituirá el polímero. Para el dopado *p* se extraen electrones de los monómeros adyacentes al electrodo positivo, así la polimerización se produce sobre el electrodo. Al ser deficiente de e^- el polímero atraerá hacia sí los iones negativos. En el caso de la conductividad tipo *n* el proceso es el contrario.

Pero también se puede dopar un polímero después de haberlo sintetizado por medios electoroquímicos. Se hace uniendo unas cintas de polímero a un electrodo sumergido en una disolución que contenga el ion dopante.

Con la mejora de la estructura, los métodos de contaminación y la pureza se ha conseguido superar la conductividad de metales, tanto en relación al volumen, como al peso; como por ejemplo del cobre.

5.- FOTOQUÍMICA DE POLÍMEROS CONDUCTORES

Al oxidar las cadenas poliméricas y extraer electrones se generan nuevos estados electrónicos: radicales, cationes, o estados polarónicos, y dicaciones, o bipolarones. En estado neutro el polímero sólo absorbe en el ultravioleta. Al crearse y poblarse estados intermedios, el polímero comienza a absorber en el visible y aumenta progresivamente la absorción con la oxidación del material. El proceso es reversible: podemos modular y regular la absorbancia y la transmitancia de luz en cualquier valor intermedio.

Una película uniforme, en el estado neutro presenta un color tenue: amarillo-claro (polipirrol), verde tenue (polianilinas), naranja (politiofeno), rojo (poli 3-metil tiofeno). Al poblarse las bandas polarónicas y bipolarónicas a lo largo de la oxidación, aparecen nuevas transiciones electrónicas y nuevas absorciones en niveles menos energéticos. El color del polímero se va desplazando hacia el azul hasta llegar al negro. La anchura, o población, de las nuevas bandas depende del grado de oxidación. Mediante una formación de fotodiodos, controlada desde un programa que nos permite registrar un espectro cada 20 ms., podemos seguir la cinética de la población de los niveles conforme se va oxidando el polímero sometido a un salto de potencial.

El resultado para una película de polipirrol de 15 μm de espesor, generada sobre un electrodo de Pt pulido a espejo y después sometida a un salto de potencial entre -200 mV y 750 mV en una disolución de LiClO_4 0.1 M en carbonato de propileno. La banda polarónica comienza a poblarse a $\lambda = 650$ nm mientras que la bipolarónica empieza a poblarse a $\lambda > 800$ nm. A lo largo de la oxidación la máxima absorbancia alcanza 1,6 unidades arbitrarias, mientras que la máxima absorbancia descrita en la literatura no sobrepasa 0,8-0,9.

Ello es debido a la optimización de las condiciones de síntesis del polímero. Otro hecho llama la atención, el fuerte desplazamiento al azul hipsocrómico de las bandas a medida que se van poblando. Se ha comprobado que no corresponde a fenómenos solvatocrómicos, ni a interacciones con contraiones específicos, ni a fenómenos termocrómicos locales, ni a desplazamientos de interferencia debido al correspondiente aumento de espesor durante la oxidación (que provocaría el desplazamiento opuesto). El único fenómeno que nos queda es la variación de la energía conformacional de las moléculas al irse abriendo la estructura.

Al estar el cambio de color ligado a una reacción electroquímica en el sólido, el cambio de color se invierte al reducir el polímero. La posibilidad de manejar películas delgadas de diferente superficie y la correlación potencial-color, hace que se puedan diseñar lonas, que unidas a una cámara de vídeo y a un programa de mimetización del entorno, sean capaces de comportarse como lo hacen los camaleones o las sepias, confundiendo con dicho entorno. La misma propiedad electrocrómica sirve para construir pantallas planas, dispositivos de visualización, o ventanas inteligentes, que se discutirán más adelante.

6.- APLICACIONES

6.1.- Baterías:

Una de las aplicaciones más conocidas son las baterías recargables, estas son de menor peso que las convencionales que contenían plomo y ácido sulfúrico; entre otras propiedades.

El uso de electrodos de plástico evita el desgaste mecánico asociado a la disolución/deposición del electrodo que ocurre durante el proceso de carga y descarga de las baterías comunes ($\text{Pb(S.)} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(\text{aq})$). Además los polímeros no contienen sustancias tóxicas ni contaminantes.

La oxidación reversible del polipirrol y otros polímeros conductores y la formación de polarones y bipolarones suponen el almacenamiento de cargas positivas a lo largo de la cadena polimérica. Otros polímeros, como el politiofeno, pueden ser reducidos almacenando radical aniones y dianiones. El descubrimiento por Armand de que el polióxido de etileno disolvía, en estado fundido, al LiClO_4 , y de que se

podían obtener láminas sólidas y transparentes desde esta disolución, con una elevada conductividad iónica, cierra el círculo para una batería totalmente polimérica y en estado sólido: ánodo, cátodo y electrolito.

Este tipo de baterías triplican la capacidad de las baterías de Li existentes en la actualidad, con un voltaje de dos a tres veces mayor que el de las baterías Ni-Cd y 1,5 mayor que las baterías Pb-ácido que se utilizan en los automóviles. Su mayor problema es que la velocidad de descarga espontánea (que determina la vida útil de una batería) resulta ser significativamente menor que el de baterías clásicas.

6.2.- Aplicaciones biomédicas:

El cuerpo humano es otro dispositivo en el que los polímeros conductores podrían desempeñar un papel importante en el futuro debido a su alta estabilidad y a su carácter inerte se especula con la posibilidad de su utilización en prótesis neurológicas y musculares.

6.2.1.- Músculos artificiales:

La oxidación/reducción electroquímica de los polímeros conductores lleva asociado un cambio de volumen del material. El cambio de volumen (propiedad mecánica) está asociado al grado de oxidación y este a la carga consumida en el proceso electroquímico: propiedad electroquímica.

Partimos de un polímero en estado neutro. Las elevadas interacciones polímero-polímero hacen que la estructura sea muy compacta. Al oxidarse y extraerse electrones de la cadena, las nacientes cargas positivas en cadenas vecinas provocan fuertes repulsiones electrostáticas. Mediante variaciones conformacionales las cadenas se mueven, la estructura se abre y los contraiones de la disolución penetran en el polímero para mantener la electroneutralidad. Con los iones también penetran moléculas del disolvente. El polímero se expande. Como la cantidad de contraiones que penetran es controlado por la carga de oxidación, también lo es la variación del volumen: puede ser detenida en cualquier momento o puede ser invertida desde cualquier momento.

Son de reseñar los siguientes aspectos del proceso:

- la modificación de las dimensiones,
- las variaciones conformacionales en las cadenas poliméricas,
- el intercambio de iones con el medio,
- el encadenamiento de procesos eléctricos, químicos y mecánicos,
- el mantenimiento de la temperatura constante y
- el trabajar con sistemas húmedos en disoluciones electrolíticas.

Al estar el movimiento basado en una propiedad electroquimiomecánica, está influenciado por las variables químicas y eléctricas que actúen sobre la cinética electroquímica del proceso: el gradiente de potencial, la corriente que fluye por el sistema, o la concentración del electrolito en el medio.

El estado actual de desarrollo de los músculos artificiales permite estar trabajando en aplicaciones para microrrobótica, en equipos quirúrgicos manejables al final de una sonda, en los catéteres para controlar su flexibilidad y facilitar su penetración, en equipos ópticos como posicionadores y como sensores-actuadores en sistemas de detección y alarma.

La última generación de músculos artificiales basados en polímeros conductores nos ha acercado a los músculos naturales en varios aspectos fundamentales: trabajan a bajo potencial (100 mV– 2 V) –los músculos naturales a 60–150 mV, que es el potencial del pulso nervioso–, el mismo material es conductor electrónico, iónico y es actuador y sensor de las condiciones de trabajo. Pero se diferencian de los músculos naturales en dos aspectos; el primero es que los artificiales trabajan en contracción y expansión mientras que el natural sólo en contracción, el segundo consiste en las variaciones de energía siendo ésta química!mecánica en los naturales y eléctrica!mecánica en los artificiales.

6.2.2.– Nervios artificiales:

Las señales del sistema nervioso van codificadas en pulsos iónicos K^+ , Na^+ o Ca^{2+} , o químicos –neurotransmisores– muchos de ellos también iónicos. Para llegar a entender la sutileza de las órdenes enviadas por el cerebro para mover un brazo, y para poder llegar a amplificarlas y emplearlas en mover un brazo artificial o en conseguir que un paciente no pierda masa muscular después de un accidente cerebro–vascular, necesitamos un transductor ión–electrón. Los óxidos metálicos son empleados como transductores en redes neuronales, pero no son biocompatibles. Los polímeros conductores son biocompatibles, pero intercambian aniones

El intercambio de aniones se puede transformar en un intercambio de cationes mediante una ingeniería molecular sencilla en la síntesis. Al electrogenerar polipirrol en presencia de un polielectrolito, como sulfato de poliestireno, carboximetil celulosa o poliácido acrílico, se genera un material compuesto polipirrol–polielectrolito, debido a que el polielectrolito va compensando las cargas positivas del polímero durante la generación. Al reducir el polímero los aniones no se van, ya que forman parte de una madeja polimérica entrelazada. Para mantener el principio de electroneutralidad obligamos a que penetren cationes desde el exterior para asociarse con el polianión. Durante la oxidación se expulsan los cationes.

El polímero conductor se transforma así en un transductor en el que una entrada de electrones en el material va asociada con una entrada de cationes y viceversa. Al ser un gel y comportarse, al mismo tiempo, como una membrana, los cationes presentes en el polímero– y su potencial eléctrico –dependen de la concentración en el medio. Ello quiere decir que el electrodo polimérico responde ante la concentración del medio con un potencial eléctrico, por lo que disponemos de la interfase adecuada, biocompatible y sensible, capaz de recibir señales eléctricas y transformarlas en señales iónicas, por lo tanto entendibles por el sistema nervioso, o de responder ante una variación de la concentración iónica, provocada por un pulso nervioso; transformándola en una señal eléctrica. El trabajo se centra ahora, en distintos laboratorios del mundo, en la selectividad y en la capacidad de los transductores para reconocer, o liberar, los distintos iones o neurotransmisores. Ya se ha recorrido algún camino, si comparamos las respuestas energéticas y cinéticas de los polímeros conductores a distintos aniones, con los de los canales iónicos de las neuronas.

En la actualidad se trabaja en la optimización de las condiciones de electrogeneración de composites polímero conductor–polielectrolito, en las cinéticas de intercambio iónico y en la modelización de las respuestas ión–electrón.

6.3.– Sensores:

Existen empresas como Allied–Signal que desde hace tiempo trabajan en la utilización de polímeros conductores en dispositivos sensores.

El dopado al que se someten los polímeros es bastante sensible al calor, sufriendo así una pérdida de conductividad al calentarse. Conectándolo a una resistencia, estos polímeros permiten controlar la temperatura a la que, por ejemplo, un producto farmacéutico llega a alterarse.

Podríamos usarlos también como sensores de radiación si se colocan en una atmósfera de gases que los

convierte en dopantes activos cuando son expuestos a radiación.

6.4.– Aplicaciones debidas al electrocromismo:

Como se ha explicado en el apartado 5 (fotoquímica de polímeros conductores) al oxidarse y/o reducirse los metales orgánicos son capaces absorber/emitar luz en la región del visible, longitud de onda de 400 a 600 nm aproximadamente.

6.4.1.– Ventanas inteligentes:

Permiten el control de la intensidad de la luz capaz de penetrar en un espacio cerrado: edificios, coches, aviones, etc. La más utilizada es una estructura de tres capas. La oxidación del polímero provoca un cambio del color (de amarillo claro a azul en polipirrol) e incrementa su reflectividad. La simultánea reducción del oxidante provoca un cambio similar de incoloro a azul (óxido de wolframio). La capa intermedia actúa como un electrolito sólido transparente. Por lo tanto durante la oxidación del polímero la intensidad de luz que atraviesa la ventana desciende y la reflectividad aumenta. Durante la reducción polimérica ocurre el proceso inverso.

La intensidad puede ser controlada manualmente o automáticamente mediante la conexión de un suministrador de potencial con un fotomultiplicador a través de un microprocesador y un programa que defina el nivel de intensidad requerido. Cuando anochece la luz no es suficiente para mantener la iluminación adecuada (estando el polímero en estado reducido) se conecta automáticamente la luz eléctrica y se controla la intensidad hasta alcanzarse el nivel adecuado de intensidad.

6.4.2.– Espejos inteligentes

Este dispositivo está basado también en dispositivos electrocromáticos. Trabaja con grandes reflectancias y bajas absorciones. La reducción parcial provoca un incremento en la absorción evitando altas intensidades de reflexión en los espejos retrovisores de los coches.

6.4.3.– Filtros ópticos

Un cambio en el estado de oxidación incluye un filtro para un nuevo color. Son necesarios polímeros que pasen a través de diferentes colores bien definidos (anilinas, tiofenos, etc.) o capaces de grandes variaciones de absorción en diferentes zonas del IR

6.4.4.– Detección de fraudes

Los metales sintéticos se incorporan ya en muchos alimentos congelados. Ya que al variar la conductividad el polímero no puede seguir el proceso continuo de oxidación–reducción. Debido a que ésta se hace casi nula al aumentar la temperatura debido a la salida de los dopantes (la entrada no es espontánea) el polímero quedará de un color determinado si ha habido fraude, entendiendo por fraude la descongelación durante el almacenaje o manufacturación. Algo que está prohibido por la legislación española.

6.4.5.– Pantallas planas y dispositivos de visualización

Ambos dispositivos están basados en propiedades electrocromáticas. Se pueden construir sobre sistemas transparentes o sobre superficies metálicas pulidas (espejos). Las propiedades más importantes son la variación de la definición del color en pequeñas superficies y los tiempos de transición, menores de 0.1 s para pantallas planas.

6.5.– Escudos electromagnéticos:

Los polímeros conductores absorben también energía electromagnética de bajas frecuencias se pueden utilizar, y de echo se hace, como escudos electromagnéticos para detener las pérdidas de radiación en los terminales de ordenador.

Con este fin se utilizan normalmente plásticos rellenos de carbono o metales, pero debido a la facilidad de manipulación y a la mayor conductividad de los polímeros dopados homogéneamente les proporcionan ventajas. Las elevadas pérdidas de microondas de la polianilina hacen que sea especialmente valiosa para este fin.

6.6.- Recubrimientos anti-corrosión:

Gracias a que durante el dopaje se puede decidir si una parte del polímero debe ser inerte electroactivamente se ha diseñado recubrimientos para evitar la corrosión en aceros, TiGr2

Aunque todavía no han sido desarrollados a la perfección son capaces de proteger al sustrato tanto en aire, como en disoluciones de H₂SO₄ de concentración hasta 4 N. Los polímeros elegidos en esta ocasión en todos los estudios consultados en el polipirrol y el poli-3-metiltofeno.

6.7.- Membranas para depuración de aguas:

Se han desarrollado muchos esfuerzos en hacer membranas de recubrimiento de electrodo para poder descontaminar aguas, la membranas convencionales no son demasiado inertes, su vida es bastante corta y no son tan fácilmente manipulables como las membranas de plástico conductor.

Se emplean membranas de polipirrol y polianilina como electrodos en cubas electrolíticas de transporte gracias a que la polaridad del polímero puede ser cambiada fácilmente con un pequeño ajuste en el potencial del sistema. Su uso más frecuente es la electrodialisis en depuradoras de agua

El principal objetivo de los estudios llevados a cabo se basa en tres aspectos fundamentales:

- El transporte de materia tanto orgánica como inorgánica con éste tipo de electrodos.
- Conseguir membranas robustas y que permitan un trabajo y limpieza fácil.
- Tener un control en el flujo y la selectividad del transporte. Que se consiga con la disolución de sales inorgánicas.

Por lo tanto esta es una aplicación de los polímeros conductores como meras resinas de intercambio iónico.

6.8.- Aplicaciones analíticas:

Como otra aplicación debida al poder de cambiadores iónicos de los polímeros conductores podríamos hablar de este tipo de sensores, ya que son capaces de detectar y separar iones como Hg²⁺ e incluso Au⁰ de una gran variedad de disoluciones tanto acuosas como con disolventes orgánicos.

En este caso es polímero elegido ha sido polipirrol funcionaizado con ditiocarbamato. Su gran desventaja radica en la baja precisión de los resultados obtenido en todos los estudios consultados. Como ventajas cabe destacar su una gran versatilidad en cuanto a capacidad de trabajo se refiere y su bajo coste de fabricación.

7.- CONCLUSIONES

Si a cierto periodo de la prehistoria se le denomina Edad de Piedra, la segunda mitad del siglo XX se podría considerar la Edad de los Plásticos, pues una sociedad como la nuestra jamás podría haberse concebido sin ellos.

Los plásticos han sido tradicionalmente los aislantes más usados, tanto en ámbito el doméstico como en la industria. Pero desde que el japonés H. Shirakawa consiguiera, a principios de los setenta, obtener un polímero capaz de conducir la corriente eléctrica se ha desatado toda una carrera tecnológica para poder sacarle partido a los plásticos conductores.

Se trata de materiales relativamente baratos de producir tanto a escala de laboratorio como a escala industrial, con potenciales aplicaciones en casi tantos campos como los que abarcan sus primos los plásticos aislantes y además en lugares donde los metales tienen problemas de uso por cualquier motivo.

Leyendo las aplicaciones descritas anteriormente podría parecer que se trata de ciencia ficción, pero no lo es. Muchas de ellas hace tiempo que se conocen y se llevan a cabo, otras todavía no han salido del laboratorio, pero pronto lo harán.

Por lo tanto estamos ante algo así como esos llamados nuevos materiales que todavía deben abrirse camino entre el gran público, pero no tardarán en hacerlo, sobre todo porque estamos en una sociedad cada vez más preocupada en conseguir productos más ligeros, inocuos y resistentes y hay se encuentra la principal ventaja de los metales orgánicos, es decir, de los polímeros conductores.

8.- BIBLIOGRAFÍA

- Handbook of organic molecules and polymers. HARRI SINGH.
- Estructura de la materia. CHRISTY & PITTE
- Polianilina un polímero electroactivo. REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS. Número de Julio 1999
- Página web del laboratorio de electroquímica de la Universidad del País Vasco.
<http://www.sc.ehu.es/qpwebem/Echem.html>
- Corrosion protection of metals by poly(3-methylthiophene) coatings (polymethylthiophene). SHOUXIAN REN. University of New Hampshire
- Plásticos que conducen la electricidad. RICHARD B. KANER y ALAN G. McDIARMID. INVESTIGACIÓN Y CIENCIA. Número de Abril 1988
- Development and application of chiral conducting polymers (optically active, polyaniline). MIR REZAS MAJIDI. University of Wollongong (Australia).
- Some analytical applications of chemically modified electrodes (electrodes, sensors, polypyrrole). PETER JOHN RILEY. The university of Texas at Austin
- Electro-separations using conducting polymer membranes. ABDOLREZA. MIRMOHSENI. University of Wollongong (Australia).
- Implante de electrodos minúsculos para evitar la pérdida de masa muscular. DUNCAN GRAHAM-ROWE. Suplemento SALUD de EL MUNDO. N° 369. 18 de diciembre de 1999

Polímeros conductores. Aplicaciones

– 1 –

Batería con electrodos de polímero conductor (polipirrol)

Ejemplo de utilización de nervios artificiales con electrodos de polímero conductor

•